

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053431

International filing date: 13 December 2004 (13.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR
Number: 03/15035
Filing date: 19 December 2003 (19.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 23 February 2005 (23.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



17/01/2005

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

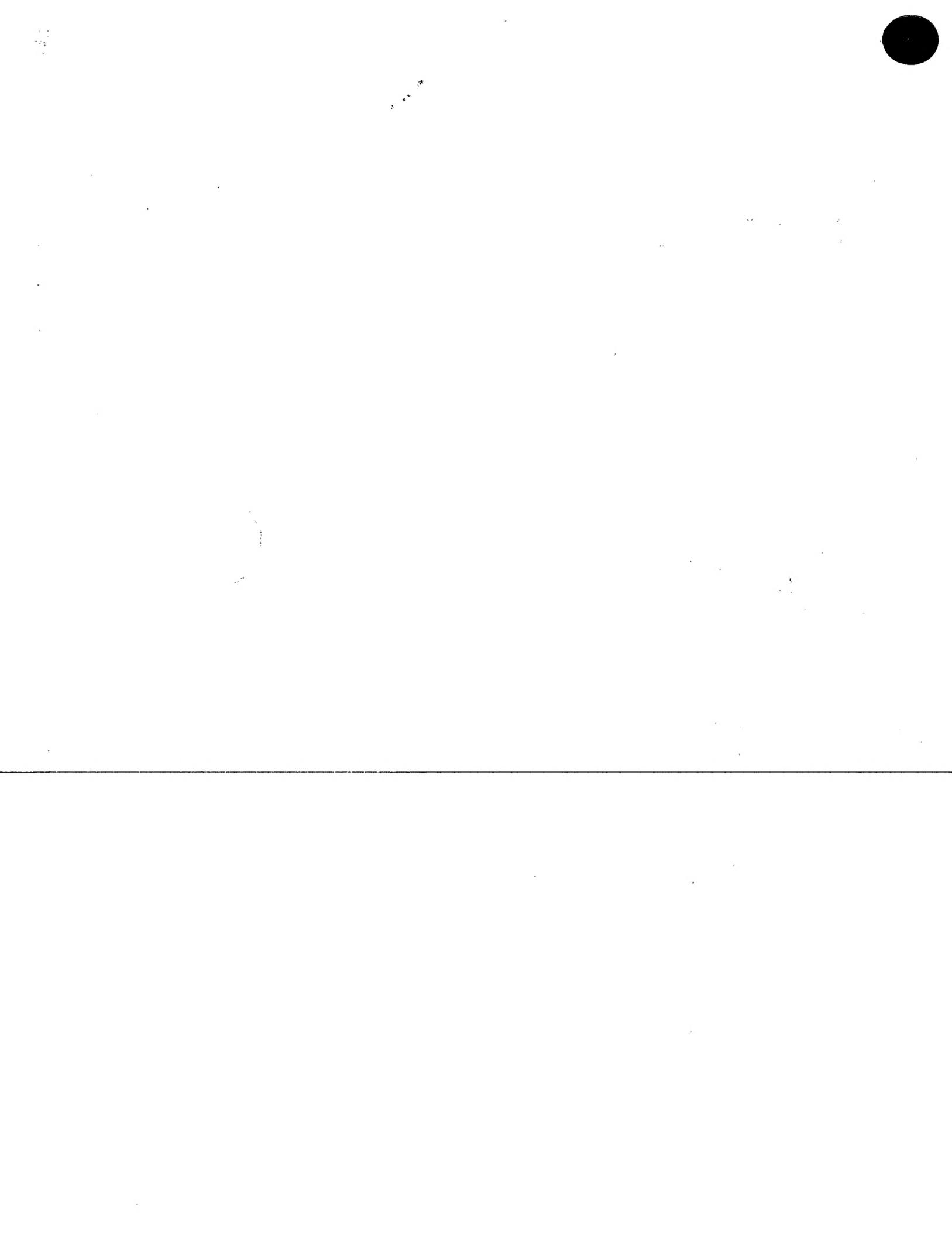
Fait à Paris, le 21 DEC. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

INPI Direct 0 825 83 85 87
0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réserve à l'INPI

1er dépôt

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

certifi

N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

BR1
BREVET

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 @ W / 030103

REMISE DES PIÈCES		
DATE	19 DEC 2003	
LIEU	75 INPI PARIS 34 SP	
N° D'ENREGISTREMENT	0315035	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE		
PAR L'INPI 19 DEC. 2003		
Vos références pour ce dossier (facultatif) 63 278		

**■ NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE**

Marie-Pierre HENRIOT
THALES Intellectual Property
31-33, Avenue Aristide Briand
94117 ARCUEIL CEDEX

Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie
■ NATURE DE LA DEMANDE		
Cochez l'une des 4 cases suivantes		
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° Date <input type="text"/>
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		N° Date <input type="text"/>

■ TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE D'AIDE A LA NAVIGATION D'UN AERONEF

■ DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date <input type="text"/> N°
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> N°
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> N°
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»		
■ DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique
Nom ou dénomination sociale		THALES
Prénoms		
Forme juridique		Société Anonyme
N° SIREN		5 5 2 0 5 9 0 2 4
Code APE-NAF		<input type="text"/>
Domicile ou siège	Rue	45, rue de Villiers
	Code postal et ville	9 12 2 0 0 NEUILLY SUR SEINE
	Pays	FRANCE
Nationalité		Française
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)
Adresse électronique (facultatif)		
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»		

Remplir impérativement la 2^{me} page

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ

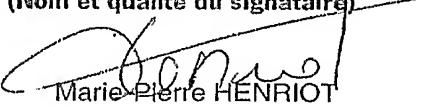
REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES		Réservé à l'INPI
DATE	19 DEC 2003	
LIEU	75 INPI PARIS 34 SP	
N° D'ENREGISTREMENT	0315035	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		

DB 540 W / 210502

9 MANDATAIRE (s'il y a lieu)			
Nom		HENRIOT	
Prénom		Marie-Pierre	
Cabinet ou Société		THALES	
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325	
Adresse	Rue	31-33, Avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94111717 ARCEUIL CEDEX	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)		01 41 48 45 30	
N° de télécopie (facultatif)		01 41 48 45 01	
Adresse électronique (facultatif)			
10 INVENTEUR (S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
11 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt	
		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
12 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques	
		<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
13 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe			
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
14 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
 Marie-Pierre HENRIOT			

PROCEDE D'AIDE A LA NAVIGATION D'UN AERONEF

L'invention concerne la navigation à basse altitude d'un aéronef.

On connaît déjà des procédés d'aide à la navigation à basse altitude pour des avions très manœuvrables tels que les avions de chasse. Mais ils ne sont pas adaptés à des aéronefs ayant des performances de manœuvrabilité limitées tels que les avions cargo ou les avions de ligne.

Un but important de l'invention est donc de proposer un procédé d'aide à la navigation à trois dimensions (3D), sécurisée, à basse altitude pour un aéronef présentant des performances limitées.

Pour atteindre ce but, l'invention propose un procédé d'aide à la navigation à basse altitude d'un aéronef équipé d'un calculateur de gestion du vol apte à déterminer une trajectoire sol de plan de vol de l'aéronef à partir d'un enchaînement de segments droits et/ou courbes joignant des points de passage au sol P ayant une altitude $alt(P)$, la trajectoire sol tenant compte des performances et limitations de l'aéronef, principalement caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes consistant pour le calculateur de gestion du vol à :

- pour chaque point P de la trajectoire sol, calculer une altitude de sécurité, $alt_{séc}$, pour obtenir un point $P_{séc}$ telle que

$$alt_{séc} (P_{séc}) = \text{Max} [alt(P + mrg lat D), alt(P + mrg lat G)] + mrg vert,$$

$mrg lat D$ et G étant respectivement des marges latérales droite et gauche prédéterminées, $mrg vert$ étant une marge verticale prédéterminée,

- calculer un profil de sécurité formé des segments de sécurité joignant les points $P_{séc}$,

- extraire des points sommets S parmi les points $P_{séc}$ du profil de sécurité tels que les K points situés avant S et après S ont une altitude de sécurité inférieure à celle de S , K étant un paramètre déterminé,

- déterminer le poids de l'aéronef en ces points S en fonction de la distance le long du profil de sécurité entre l'aéronef et ce point S et de la consommation de l'aéronef sur cette distance, la consommation étant une des performances et limitations de l'aéronef,

- pour chaque point S , déterminer la pente maximale de montée $MaxClimbFPA$ que peut supporter l'aéronef pour atteindre S et la pente maximale de descente $MaxDescFPA$ que peut supporter l'aéronef pour

PROCEDE D'AIDE A LA NAVIGATION A BASSE ALTITUDE D'UN AERONEF

L'invention concerne la navigation à basse altitude d'un aéronef.

On connaît déjà des procédés d'aide à la navigation à basse altitude pour des avions très manœuvrables tels que les avions de chasse. Mais ils ne sont pas adaptés à des aéronefs ayant des performances de manœuvrabilité limitées tels que les avions cargo ou les avions de ligne.

Un but important de l'invention est donc de proposer un procédé d'aide à la navigation à trois dimensions (3D), sécurisée, à basse altitude pour un aéronef présentant des performances limitées.

Pour atteindre ce but, l'invention propose un procédé d'aide à la navigation à basse altitude d'un aéronef équipé d'un calculateur de gestion du vol apte à déterminer une trajectoire sol de plan de vol de l'aéronef à partir d'un enchaînement de segments droits et/ou courbes joignant des points de passage au sol P ayant une altitude $alt(P)$, la trajectoire sol tenant compte des performances et limitations de l'aéronef, principalement caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes consistant pour le calculateur de gestion du vol à :

- pour chaque point P de la trajectoire sol, calculer une altitude de sécurité, $alt \text{ séc}$, pour obtenir un point $P_{\text{séc}}$ telle que

$$alt \text{ séc} (P_{\text{séc}}) = \text{Max} [alt(P + \text{mrg lat D}), alt(P + \text{mrg lat G})] + \text{mrg vert},$$

$mrg \text{ lat D}$ et G étant respectivement des marges latérales droite et gauche prédéterminées, $mrg \text{ vert}$ étant une marge verticale prédéterminée,

- calculer un profil de sécurité formé des segments de sécurité joignant les points $P_{\text{séc}}$,

25 - extraire des points sommets S parmi les points $P_{\text{séc}}$ du profil de sécurité tels que les K points situés avant S et après S ont une altitude de sécurité inférieure à celle de S, K étant un paramètre déterminé,

30 - déterminer le poids de l'aéronef en ces points S en fonction de la distance le long du profil de sécurité entre l'aéronef et ce point S et de la consommation de l'aéronef sur cette distance, la consommation étant une des performances et limitations de l'aéronef,

- pour chaque point S, déterminer la pente maximale de montée MaxClimbFPA que peut supporter l'aéronef pour atteindre S et la pente maximale de descente MaxDescFPA que peut supporter l'aéronef pour

suivre la trajectoire sol au plus bas après avoir franchi S, en fonction des performances et limitations de l'aéronef et du poids, définir deux segments de performance qui présentent une première extrémité en S, des pentes MaxClimbFPA et MaxDescFPA de part et d'autre du point S et une seconde 5 extrémité au point d'intersection avec le terrain ou avec un autre segment de performance issu d'un autre point S,

- calculer un profil de performance formé des segments de performance et qui permet d'associer à chaque point P du profil de sécurité, une altitude de performance, alt perf (P) .

10 Selon une caractéristique de l'invention, un profil volable à basse altitude est déterminé à partir du profil de sécurité et du profil de performance.

15 Ce procédé permet de calculer rapidement un profil volable à trois dimensions sûr et optimisé pour suivre la trajectoire sol, en particulier dans un environnement à relief important ; il permet ainsi de minimiser le temps durant lequel le pilote de l'aéronef doit piloter manuellement avant que le pilote automatique ne puisse reprendre la main avec sécurité sur le profil 3D mis à jour.

20 Selon une caractéristique de l'invention, la détermination du profil volable consiste plus précisément à calculer pour chaque point P de la trajectoire sol, une altitude de vol à basse altitude, alt vol, pour obtenir un point P_{vol} telle que

$$\text{alt vol } (P_{vol}) = \text{Max} [\text{alt séc } (P), \text{alt perf } (P)],$$

25 le profil volable à basse altitude étant formé des segments joignant les points P_{vol} .

Le profil volable est ainsi toujours plus haut que le (ou égal au) profil de sécurité et ne nécessite donc pas de vérification a posteriori des altitudes du profil par rapport à celles du terrain.

30 Le calculateur de gestion de vol disposant de la vitesse et de la direction du vent, de la vitesse de l'aéronef, de l'altitude du terrain, de la température locale, les pentes MaxClimbFPA et MaxDescFPA sont de préférence pondérées en fonction de la vitesse et de la direction du vent et/ou de la vitesse de l'aéronef, et/ou de l'altitude du terrain et/ou de la température locale.

L'invention concerne également un système de gestion de vol comportant une unité centrale qui communique avec une interface d'entrée-sortie, une mémoire de programme, une mémoire de travail, une mémoire de stockage de données, au moyen de circuits de transfert de données, 5 l'interface d'entrée-sortie étant reliée à une base de données du terrain à survoler, caractérisé en ce que la mémoire de programme comprend un programme de mise-en-œuvre du procédé tel que décrit.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront 10 à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 représente schématiquement un système de gestion de vol FMS,

les figures 2a et 2b représentent schématiquement un profil de 15 sécurité, vu selon une coupe perpendiculaire à la trajectoire sol (figure 2a), ou en perspective (figure 2b),

la figure 3 illustre les pentes de montée maximale MaxClimbFPA et de descente maximale MaxDescFPA,

la figure 4 représente schématiquement une trajectoire sol, et des 20 profils de sécurité, de performance et volable à basse altitude vus en coupe selon l'axe de la trajectoire sol,

les figures 5a, 5b, 5c, 5d illustrent schématiquement le calcul d'une transition verticale autour d'un sommet ou d'un obstacle S.

25 On va considérer dans la suite que l'aéronef comprend un calculateur de gestion de vol FMS (acronyme de l'expression anglo-saxonne « Flight Management System »).

Ce calculateur FMS représenté figure 1, comporte de manière classique une unité centrale 101 qui communique avec une interface 30 d'entrée-sortie 106, une mémoire de programme 102, une mémoire de travail 103, une mémoire de stockage de données 104, au moyen de circuits 105 de transfert de données entre ces divers éléments. L'interface d'entrée-sortie est reliée à divers dispositifs tels qu'une interface homme-machine 107, des capteurs 108, Une table de performance, spécifique de l'aéronef, et une 35 trajectoire sol de plan de vol sont stockées dans la mémoire de données. On

rappelle qu'une trajectoire sol de plan de vol est établie à partir d'une liste de points de passage PP que l'aéronef doit survoler et est composée de segments droits et/ou courbes joignant ces points comme illustré figure 2b. Les courbes correspondent à des transitions calculées autour des points PP

5 en tenant compte des limitations de l'aéronef. Cette trajectoire sol est échantillonnée selon un pas p : on obtient alors une liste de points de passage P, d'altitude sol $alt(P)$. Dans la table de performance, on trouve les performances et limitations de l'aéronef, par exemple les limitations en vitesse, en pente de l'aéronef, son altitude maximale, sa vitesse de décrochage, sa consommation, son rayon de virage, son roulis, etc.

10

Le calculateur FMS est relié notamment à une base de données 109 du terrain à survoler, généralement représenté sous forme de mailles rectangulaires.

15 Le procédé selon l'invention est basé sur la détermination d'un profil de vol à basse altitude au moyen du calculateur FMS. Il comprend les étapes suivantes qui consistent à :

20 a) Calculer à partir de la trajectoire sol, des marges latérales droite « mrg lat D » et gauche « mrg lat G » en fonction notamment des performances et limitations de navigation de l'aéronef et de l'erreur sur la position estimée ou EPU (acronyme de l'expression anglo-saxonne « Estimated Position Uncertainty »). Lorsque l'erreur sur la position estimée varie et lorsque cette variation est stabilisée dans le temps, les marges latérales sont mises à jour ainsi que le calcul qui suit. Ces marges latérales sont éventuellement identiques.

25 b) Pour chaque point P de la trajectoire sol, calculer l'altitude de terrain maximale entre les deux limites définies par la trajectoire sol décalée de la marge latérale droite, et celle du même point décalé de la marge latérale gauche. A cette altitude maximale, on ajoute une marge verticale, « mrg vert » pour obtenir une altitude de sécurité, « alt séc » d'un point $P_{séc}$.

30 On peut aussi écrire :

$$alt séc (P_{séc}) = \text{Max} [alt(P + mrg lat D), alt(P + mrg lat G)] + mrg vert$$

La marge verticale est déterminée par le pilote en tenant compte éventuellement du terrain.

En associant ainsi ces altitudes de sécurité aux points P de la trajectoire sol, on obtient une liste de points $P_{\text{séc}}$ joints par des segments qui forment un profil de sécurité illustré figures 2a et 2b.

c) Extraire les plus hauts points S du profil de sécurité,
5 représentés figure 4 en éliminant les points intermédiaires plus bas. Cela signifie qu'un point S est tel que les K points précédents et suivants, $K > 0$, sont situés à une altitude inférieure. Plus précisément, un sommet S est tel que l'écart entre les pentes moyennes des segments sur les K points précédents et les K points suivants est supérieure à une pente seuil. Le paramètre K et la pente seuil dépendent du relief et/ou des performances et
10 limitations de l'aéronef ; ils sont aussi de préférence déterminés en fonction du pas d'échantillonnage p . On a par exemple $K=5$, pente seuil = 5° pour $p=300\text{m}$.

Cette extraction des sommets S a pour but de réduire le nombre
15 de points à traiter et par conséquent le temps de réponse du calculateur de vol qui doit être le plus court possible. Le nombre de points à traiter est par exemple réduit d'un facteur 20 à 50.

Lorsque des points S successifs sont trop proches c'est-à-dire espacés de moins d'une distance minimale D_{min} , ils sont mis en mémoire
20 dans une liste et seuls les deux points S de cette liste ayant la plus haute altitude sont retenus. On a par exemple D_{min} égale à deux fois le rayon de virage de l'aéronef.

d) Estimer alors le poids de l'aéronef en ces points S en fonction
notamment de la distance curviligne le long du profil de sécurité entre
25 l'aéronef et ce point S , de la consommation de l'aéronef sur cette distance si celle-ci était parcourue à plat, c'est-à-dire avec une pente nulle. Cette consommation dépend de l'altitude du point S , de la vitesse estimée, des performances et limitations de l'aéronef, de la vitesse et de la direction du vent. Déterminer à partir de ce poids estimé en S et de la table
30 de performance spécifique de l'aéronef, les pentes maximales avant et après chaque point S , c'est-à-dire les pentes maximales que peut supporter l'aéronef pour atteindre S et pour suivre la trajectoire sol au plus bas après avoir franchi S . Les pentes maximales issues de la table de performance dépendent du poids de l'aéronef, de l'altitude des sommets, de la variation
35 de température ΔISA (acronyme de l'expression anglo-saxonne

« International Standard Atmosphere ») par rapport à la température standard, de la vitesse de l'aéronef et éventuellement des emports extérieurs à l'aéronefs pouvant avoir un impact sur les forces de traînée. Ces pentes maximales, dépendant de l'altitude du terrain à survoler et définies en tenant 5 compte des conditions de vol les plus critiques (moteur en panne, ...), sont respectivement désignées MaxClimbFPA pour la pente maximale en montée et MaxDescFPA pour la pente maximale en descente. Elles sont représentées figure 3. MaxClimbFPA est notamment déterminée en fonction de la puissance disponible de l'aéronef et éventuellement en supposant un 10 moteur en panne.

Ces pentes maximales sont ensuite pondérées en fonction de la vitesse et de la direction du vent. En présence d'une composante de vent arrière, l'aéronef doit se mettre en montée plus tôt et la pente du segment de montée vers S sera alors diminuée ou anticipée ; celle du segment de 15 descente sera de préférence maintenue. En présence d'une composante de vent debout, la pente du segment de montée vers S sera plus forte et l'aéronef atteindra l'altitude du sommet S plus tôt ; celle du segment de descente sera diminuée ou retardée dans le temps. Les composantes de vitesse du vent sont issues par exemple de prédictions météo à court terme 20 ou estimées en temps réel et sont stockées dans la mémoire de données du FMS.

L'altitude d'un point de départ S et les pentes maximales pondérées définissent deux segments de performance qui présentent une première extrémité en S, des pentes MaxClimbFPA et MaxDescFPA 25 pondérées de part et d'autre du point S et une seconde extrémité au point d'intersection avec le relief ou avec un autre segment. Les segments déterminés pour l'ensemble des points S forment un profil de performance, qui permet d'associer à chaque point P de la trajectoire sol, une altitude de performance, « alt perf ». Quant à un point de la trajectoire sol correspond 30 deux altitudes de performances issues de segments de performance l'un montant, l'autre descendant, l'altitude la plus haute est retenue comme illustré figure 3, dans la région III.

e) Déterminer un profil volable à basse altitude illustré figure 4 en choisissant pour chaque point P de la trajectoire sol, une altitude de vol « alt 35 vol » égale à l'altitude la plus haute entre celle du profil de sécurité et celle

du profil de performance. On désigne par P_{vol} , le point obtenu. On peut aussi écrire :

$$\text{alt vol } (P_{vol}) = \text{Max} [\text{alt séc}(P), \text{alt perf}(P)]$$

Les segments joignant l'ensemble des points P_{vol} forment un profil

5 volable, qui à chaque point P de la trajectoire sol associe une altitude de vol, « alt vol ». Sur l'exemple de la figure 4, le profil volable coïncide avec le profil de sécurité sur une région I, et avec le profil de performance sur la région II. Un nouveau segment est créé joignant un point du profil de sécurité à un point du profil de performance comme illustré dans la région III.

10 La détermination de ce profil volable peut être optimisée selon les trois critères suivants qui sont minimisés en fonction du contexte :

- hauteur moyenne entre le profil volable et l'altitude du terrain,
- marges latérales,
- temps de réponse du calcul du profil volable par le calculateur de

15 vol.

En cas de fonctionnement dégradé du dispositif suite par exemple à une panne ou à une interruption volontaire de la fonction, le dernier critère est privilégié.

D'autres optimisations peuvent intervenir.

20 La trajectoire sol est formée de segments et/ou de courbes joignant des points P à survoler. Ces points sont généralement distants d'un pas p constant représenté figure 2b. On a par exemple $p=100m$. Cet échantillonnage à pas constant est coûteux en temps de calcul pour les calculs basés sur cette trajectoire. Une première solution consiste à prendre

25 un pas d'échantillonnage p plus grand. Une autre solution consiste à utiliser un pas d'échantillonnage p variant en fonction de la pente du terrain ; les points de la trajectoire sol sont filtrés en fonction de la pente entre ces points. Plus la pente est faible plus le pas p est grand et inversement plus la pente varie comme c'est le cas en terrain montagneux, plus le pas p est petit. Le

30 pas a cependant une limite inférieure p_{inf} et une limite supérieure p_{sup} . On a par exemple p_{inf} égal à une demie largeur de maille de la base de données terrain, soit environ $0.15/2$ N (mile nautique) et p_{sup} égal à environ 1km. Ces solutions permettent de réduire le nombre de points à traiter, par plusieurs filtres spécifiques.

Souvent, comme représenté figure 5a, compte tenu des marges de sécurité verticales d'une trajectoire de plan de vol classique comportant notamment un point P à survoler en passant par P' , l'aéronef peut survoler ce point P en suivant une courbe théorique appelée transition verticale théorique TV volée à facteur de charge constant, et qui passe sous la trajectoire de vol prévue, c'est-à-dire sous P' , à une distance ΔH . La transition verticale théorique TV , calculée par le FMS, a la forme d'une parabole qui est tangente aux deux segments joignant P' . Mais lorsque la trajectoire de vol est celle du profil volable à basse altitude calculé au plus juste, il est dangereux que l'aéronef suive cette transition verticale théorique qui passerait sous un point S comme illustré figure 5b. Une solution illustrée figure 5c consiste à surélever artificiellement le profil volable en S d'une hauteur ΔH pour obtenir S' : la transition verticale attendue TV' est ainsi également surélevée de ΔH par rapport à TV . Le profil volable est alors modifié en ajustant les segments $SegClimb$, $SegDesc$ issus de S , de manière à ce que les nouveaux segments $SegClimb'$, $SegDesc'$ issus de S' soient tangents à la transition attendue TV' comme illustré figure 5c : on obtient alors un nouveau profil volable.

Lorsque les pentes (de l'un ou) des deux nouveaux segments $SegClimb'$, $SegDesc'$ sont respectivement supérieures à $MaxClimbFPA$ et $MaxDescFPA$, (ce ou) ces nouveaux segments sont remplacés par des segments $SegClimb''$, $SegDesc''$ dont les pentes imposées sont respectivement $MaxClimbFPA$ et $MaxDescFPA$. L'extrémité basse de (ce ou) ces segments $SegClimb''$, $SegDesc''$ sont alors rehaussées d'une hauteur $\Delta H''$ correspondante comme illustré figure 5d.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'aide à la navigation à basse altitude d'un aéronef équipé d'un calculateur de gestion du vol apte à déterminer une trajectoire sol de plan de vol de l'aéronef à partir d'un enchaînement de segments droits et/ou courbes joignant des points de passage au sol P ayant une altitude $alt(P)$, la trajectoire sol tenant compte des performances et limitations de l'aéronef, principalement caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes consistant pour le calculateur de gestion du vol à :

- pour chaque point P de la trajectoire sol, calculer une altitude de sécurité, $alt_{séc}$, pour obtenir un point $P_{séc}$ telle que

$$alt_{séc} (P_{séc}) = \text{Max} [alt(P + mrg lat D), alt(P + mrg lat G)] + mrg vert,$$

mrg lat D et G étant respectivement des marges latérales droite et gauche pré-déterminées, mrg vert étant une marge verticale pré-déterminée,

- calculer un profil de sécurité formé des segments de sécurité joignant les points $P_{séc}$,
- extraire des points sommets S parmi les points $P_{séc}$ du profil de sécurité tels que les K points situés avant S et après S ont une altitude de sécurité inférieure à celle de S , K étant un paramètre déterminé,
- déterminer le poids de l'aéronef en ces points S en fonction de la distance le long du profil de sécurité entre l'aéronef et ce point S et de la consommation de l'aéronef sur cette distance, la consommation étant une des performances et limitations de l'aéronef,
- pour chaque point S , déterminer la pente maximale de montée MaxClimbFPA que peut supporter l'aéronef pour atteindre S et la pente maximale de descente MaxDescFPA que peut supporter l'aéronef pour suivre la trajectoire sol au plus bas après avoir franchi S , en fonction des performances et limitations de l'aéronef et du poids, définir deux segments de performance qui présentent une première extrémité en S , des pentes MaxClimbFPA et MaxDescFPA de part et d'autre du point S et une seconde extrémité au point d'intersection avec le terrain ou avec un autre segment de performance issu d'un autre point S ,
- calculer un profil de performance formé des segments de performance et qui permet d'associer à chaque point P du profil de sécurité, une altitude de performance, $alt_{perf}(P)$.

2. Procédé d'aide à la navigation selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte en outre l'étape consistant à déterminer un profil volable à basse altitude à partir du profil de sécurité et du profil de performance.

3. Procédé d'aide à la navigation selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la détermination du profil volable à basse altitude consiste à calculer pour chaque point P de la trajectoire sol, une altitude de vol à basse altitude, $alt\ vol$, pour obtenir un point P_{vol} telle que

$$alt\ vol\ (P_{vol}) = \text{Max} [alt\ séc\ (P), alt\ perf\ (P)],$$

le profil volable à basse altitude étant formé des segments joignant les points P_{vol} .

4. Procédé d'aide à la navigation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à échantillonner les points P selon un pas p , et en ce que K est déterminé en fonction de p et/ou d'une pente seuil et/ou du terrain et/ou des performances et limitations de l'aéronef.

5. Procédé d'aide à la navigation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le calculateur de gestion de vol présentant une erreur sur la position estimée, $Mrg\ lat\ D$ et G sont déterminées en fonction des performances et limitations de l'aéronef et de l'erreur sur la position estimée.

6. Procédé d'aide à la navigation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le calculateur de gestion de vol disposant de la vitesse et de la direction du vent, de la vitesse de l'aéronef, de l'altitude du terrain, de la température locale, les pentes MaxClimbFPA et MaxDescFPA sont pondérées en fonction de la vitesse et de la direction du vent et/ou de la vitesse de l'aéronef, et/ou de l'altitude du terrain et/ou de la température locale.

7. Procédé d'aide à la navigation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'aéronef étant équipé de moteurs, la pente MaxClimbFPA est calculée en supposant un moteur en panne.

5 8. Procédé d'aide à la navigation selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le calculateur de gestion de vol étant relié à une base de données terrain composée de mailles présentant une largeur pré-déterminée L , et comportant des informations sur la pente du terrain, il consiste à échantillonner les points P selon un pas p déterminé en fonction de la pente du terrain et de la largeur L des mailles.

10 15 9. Procédé d'aide à la navigation selon l'une des revendications 2 à 8, caractérisé en ce qu'une parabole de transition étant associée aux segments SegClimb, SegDesc du profil volable, issus d'un sommet S , le haut de la parabole étant situé à ΔH de S , il consiste à :

15 20 calculer un nouveau sommet S' situé à ΔH au-dessus du sommet S ,
rehausser la parabole de transition de ΔH ,
définir des segments SegClimb', SegDesc' issus de S' de manière à ce qu'ils soient tangents à la parabole de transition rehaussée et à obtenir un nouveau profil volable.

25 30 10. Calculateur de gestion du vol d'un aéronef comportant une unité centrale (101) qui communique avec une interface d'entrée-sortie (106), une mémoire de programme (102), une mémoire de travail (103), une mémoire de stockage de données (104), au moyen de circuits (105) de transfert de données, l'interface d'entrée-sortie (106) étant reliée à une base de données (109) du terrain à survoler, caractérisé en ce que la mémoire de programme comprend un programme de mise-en-œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes.

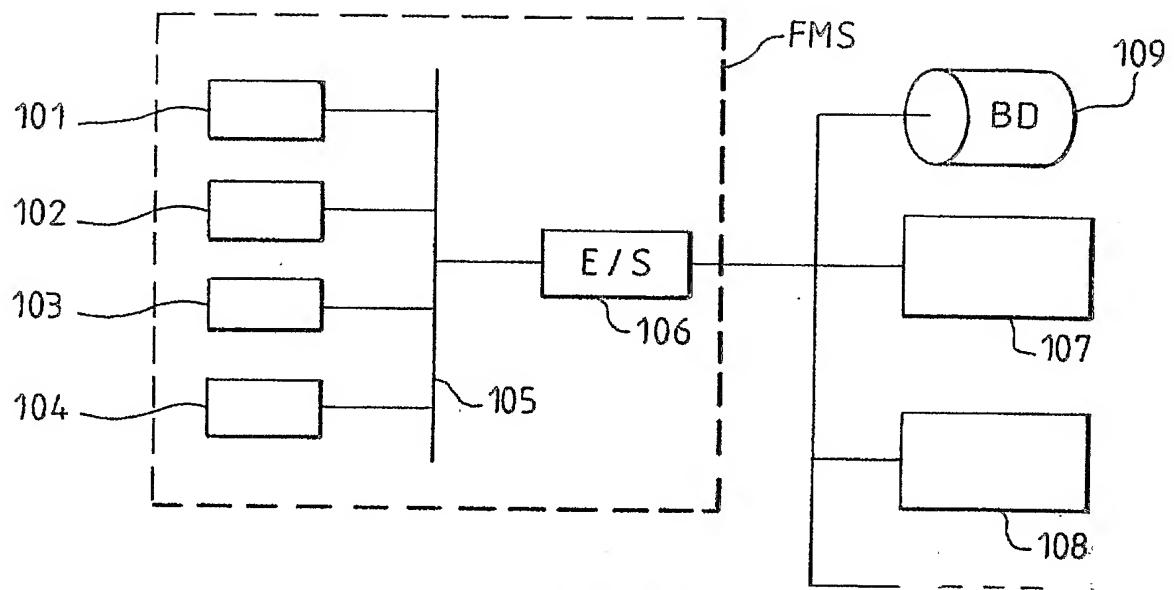


FIG.1

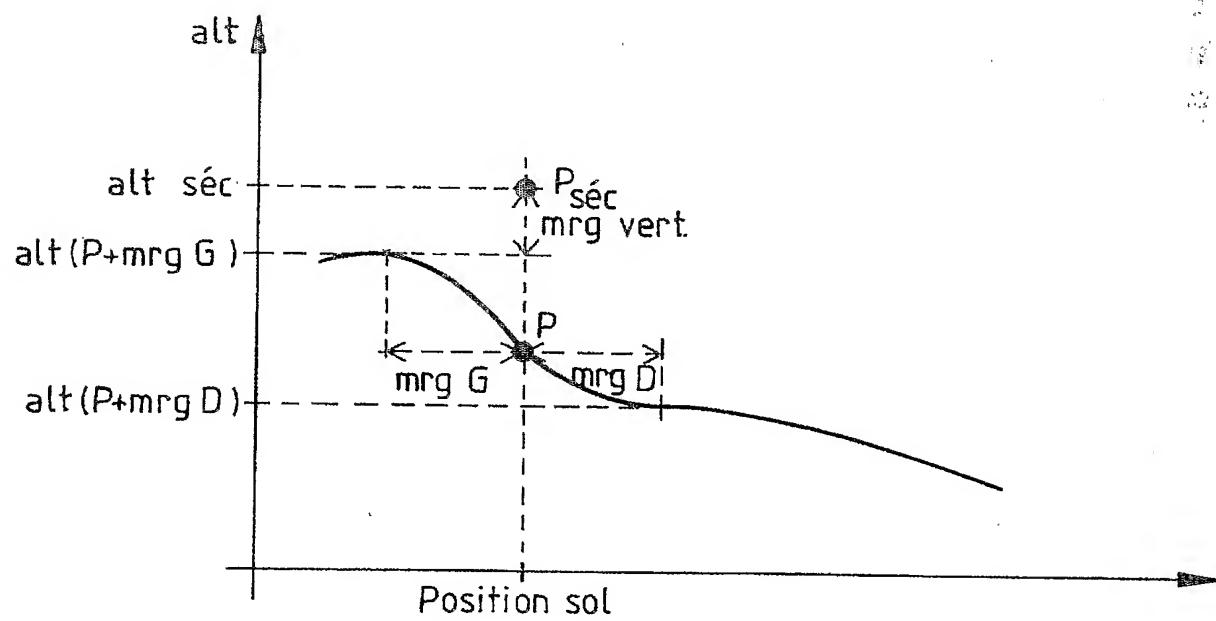


FIG.2a

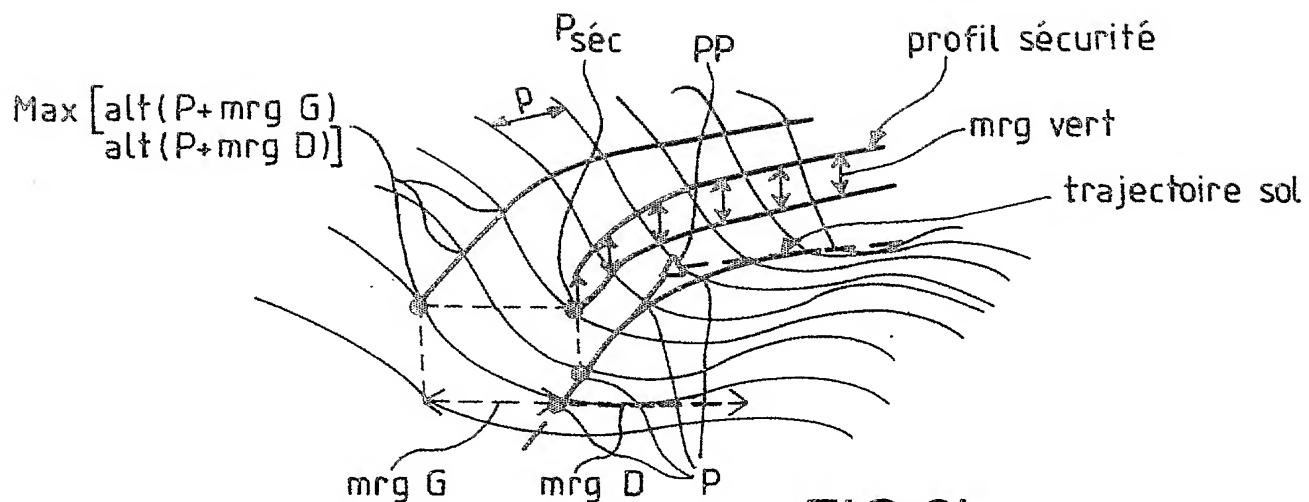


FIG.2b

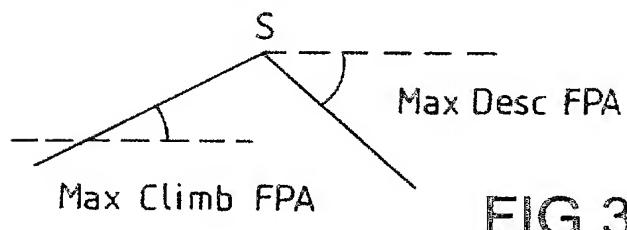


FIG.3

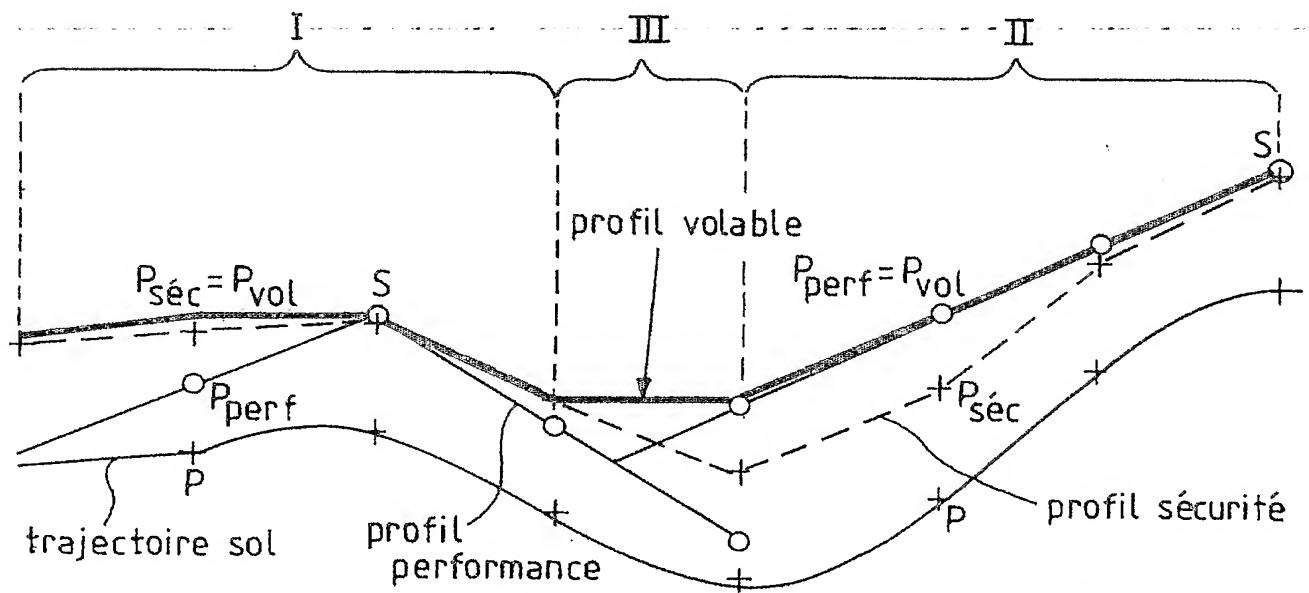
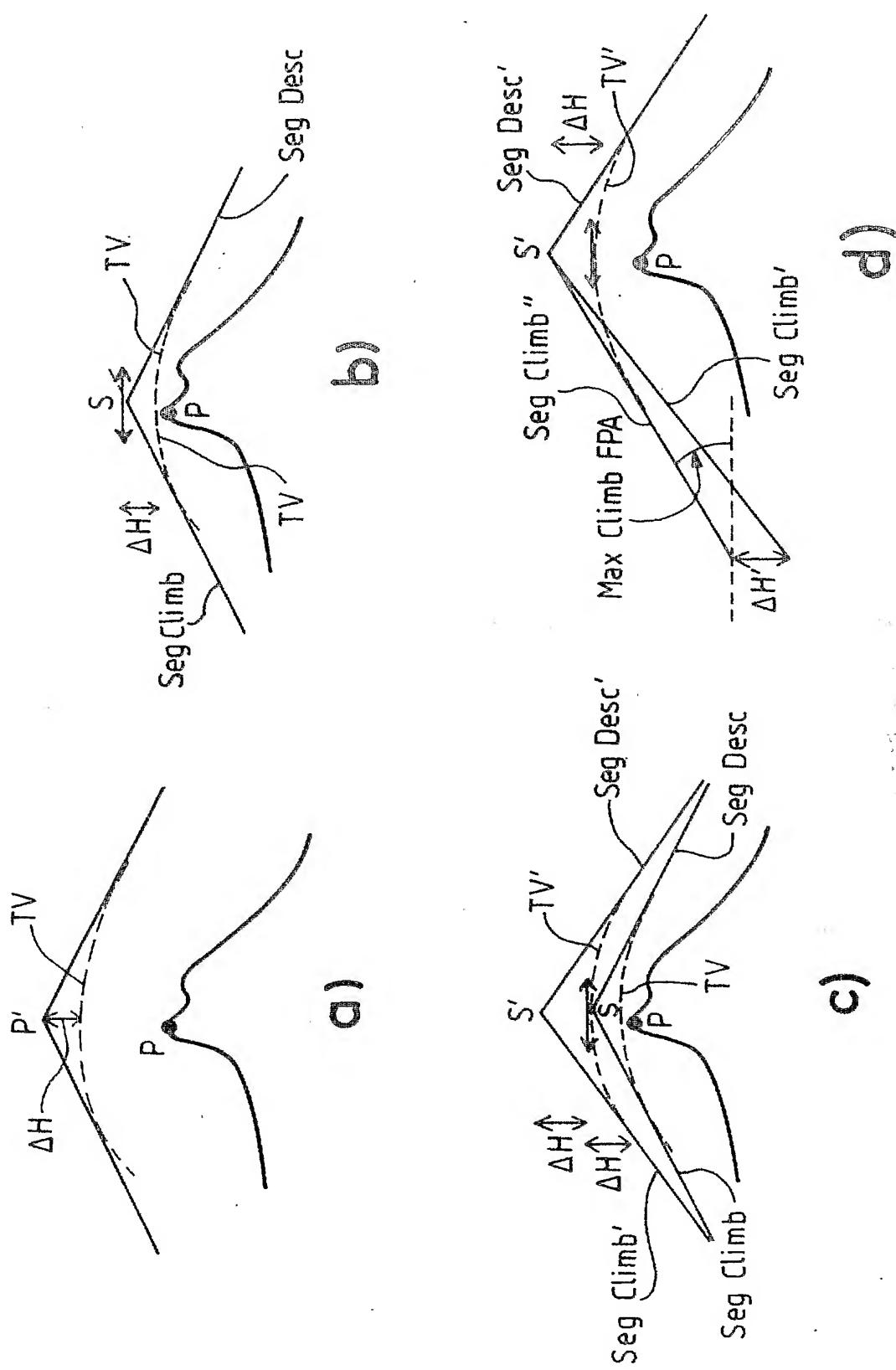


FIG.4



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235*03

INV

Pour vous informer : INPI DIRECT

0 825 83 85 87
0.15 € TTC/min

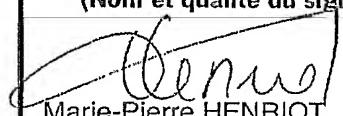
Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 210103

Vos références pour ce dossier (facultatif)	63278																	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02 15035																	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)																		
PROCEDE D'AIDE A LA NAVIGATION D'UN AERONEF																		
LE(S) DEMANDEUR(S) :																		
THALES																		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :																		
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>Nom</td> <td>DEKER</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Prénoms</td> <td>Guy</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td>THALES Intellectual Property</td> </tr> <tr> <td></td> <td>31-33, Avenue Aristide Briand</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> <td>[9 141 111 7] ARCUEIL CEDEX</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> <td></td> </tr> </table>		1	Nom	DEKER		Prénoms	Guy	Adresse	Rue	THALES Intellectual Property		31-33, Avenue Aristide Briand	Code postal et ville		[9 141 111 7] ARCUEIL CEDEX	Société d'appartenance (facultatif)		
1	Nom	DEKER																
	Prénoms	Guy																
Adresse	Rue	THALES Intellectual Property																
		31-33, Avenue Aristide Briand																
Code postal et ville		[9 141 111 7] ARCUEIL CEDEX																
Société d'appartenance (facultatif)																		
<table border="1"> <tr> <td>2</td> <td>Nom</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Prénoms</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> <td>[]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> <td></td> </tr> </table>		2	Nom			Prénoms		Adresse	Rue		Code postal et ville		[]	Société d'appartenance (facultatif)				
2	Nom																	
	Prénoms																	
Adresse	Rue																	
	Code postal et ville		[]															
Société d'appartenance (facultatif)																		
<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>Nom</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Prénoms</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> <td>[]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> <td></td> </tr> </table>		3	Nom			Prénoms		Adresse	Rue		Code postal et ville		[]	Société d'appartenance (facultatif)				
3	Nom																	
	Prénoms																	
Adresse	Rue																	
	Code postal et ville		[]															
Société d'appartenance (facultatif)																		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivie du nombre de pages.																		
DATE ET SIGNATURE(S)																		
DU (DES) DEMANDEUR(S)		19 DEC. 2003																
OU DU MANDATAIRE																		
(Nom et qualité du signataire)																		
 Marie-Pierre HENRIOT																		

